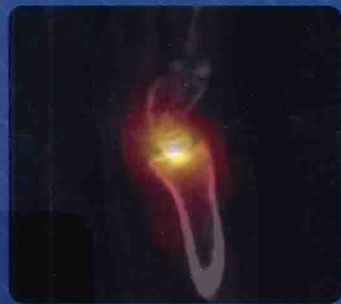
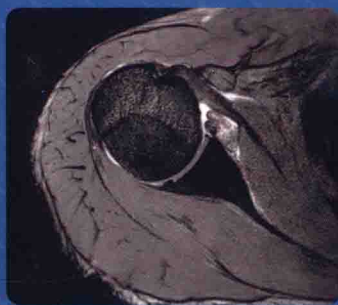
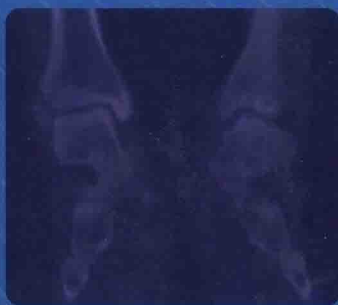


# 骨科影像融合技术图解

主编 ◎ 张敏 汪静 郭智萍



# 骨科影像融合技术图解

## 主 编

张 敏 (河南省洛阳正骨医院河南省骨科医院) 汪 静 (第四军医大学西京医院)  
郭智萍 (河南省洛阳正骨医院河南省骨科医院)

## 副主编

郭艳幸 (河南省洛阳正骨医院河南省骨科医院) 陈亚玲 (河南省洛阳正骨医院河南省骨科医院)  
张斌青 (河南省洛阳正骨医院河南省骨科医院) 王 喆 (第四军医大学西京医院)  
郭会利 (河南省洛阳正骨医院河南省骨科医院) 杨卫东 (第四军医大学西京医院)  
刘玉珂 (河南省洛阳正骨医院河南省骨科医院)

## 编 委

陈 伟 (河南省洛阳正骨医院河南省骨科医院) 王军辉 (河南省洛阳正骨医院河南省骨科医院)  
栗二毛 (河南省洛阳正骨医院河南省骨科医院) 赵 颖 (河南省洛阳正骨医院河南省骨科医院)  
王 锐 (河南省洛阳正骨医院河南省骨科医院) 许 文 (河南省洛阳正骨医院河南省骨科医院)  
李培岭 (河南省洛阳正骨医院河南省骨科医院) 王智勇 (河南省洛阳正骨医院河南省骨科医院)  
王 娜 (河南省洛阳正骨医院河南省骨科医院) 张进川 (河南省洛阳正骨医院河南省骨科医院)  
于子晓 (河南省洛阳正骨医院河南省骨科医院) 王 巧 (河南省洛阳正骨医院河南省骨科医院)  
张国庆 (河南省洛阳正骨医院河南省骨科医院) 郭永杰 (河南省洛阳正骨医院河南省骨科医院)  
杨 静 (河南省洛阳正骨医院河南省骨科医院) 孟庆阳 (河南省洛阳正骨医院河南省骨科医院)  
宋青凤 (河南省洛阳正骨医院河南省骨科医院) 李国权 (第四军医大学西京医院)  
郭树农 (河南省洛阳正骨医院河南省骨科医院) 刘大亮 (第四军医大学西京医院)  
水根会 (河南省洛阳正骨医院河南省骨科医院) 王 妮 (第四军医大学西京医院)

人民卫生出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

骨科影像融合技术图解 / 张敏, 汪静, 郭智萍主编. —北京:  
人民卫生出版社, 2014

ISBN 978-7-117-20068-4

I. ①骨… II. ①张…②汪…③郭… III. ①骨疾病—  
影像诊断 IV. ①R680.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 281508 号

人卫社官网	<a href="http://www.pmph.com">www.pmph.com</a>	出版物查询, 在线购书
人卫医学网	<a href="http://www.ipmph.com">www.ipmph.com</a>	医学考试辅导, 医学数 据库服务, 医学教育资 源, 大众健康资讯

版权所有, 侵权必究!

## 骨科影像融合技术图解

主 编: 张 敏 汪 静 郭智萍

出版发行: 人民卫生出版社(中继线 010-59780011)

地 址: 北京市朝阳区潘家园南里 19 号

邮 编: 100021

E - mail: [pmph@pmph.com](mailto:pmph@pmph.com)

购书热线: 010-59787592 010-59787584 010-65264830

印 刷: 北京盛通印刷股份有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 31

字 数: 754 千字

版 次: 2015 年 1 月第 1 版 2015 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-20068-4/R·20069

定 价: 198.00 元

打击盗版举报电话: 010-59787491 E-mail: [WQ@pmph.com](mailto:WQ@pmph.com)

(凡属印装质量问题请与本社市场营销中心联系退换)

# 目 录

第一章 医学影像图像融合	1
第一节 医学影像学概述	1
一、解剖影像学	1
二、功能影像学	3
第二节 医学影像图像融合技术	4
一、医学影像信息系统	4
二、同机医学影像图像融合	5
三、异机医学影像图像融合	6
第三节 医学影像图像融合应用	6
一、多模式影像学在骨关节系统的应用	6
二、影像图像融合技术在骨关节系统的应用	7
第二章 骨与关节发育	9
第一节 骨与关节发育性畸形	9
一、椎弓崩裂	9
二、发育异常与损伤的鉴别	13
三、发育异常与肿瘤的鉴别	15
四、骨骼发育的判断	18
五、膝关节畸形	24
六、病灶累及骺板的判断	25
七、跟骨距骨桥	30
八、扁平足	31
九、副舟骨与痛性副舟骨	36
十、横突肥大综合征	38
第二节 骨与关节发育障碍	41
一、软骨发育异常	41
二、蜡油样骨病	44
三、骨斑点症	50
第三章 骨关节损伤	55
第一节 骨折与隐性创伤性骨折	55
第二节 疲劳骨折	63

第三节 缺乏性骨折(衰竭骨折)	69
第四节 骨折愈合状况判断	80
<b>第四章 关节撞击综合征</b>	<b>92</b>
第一节 肩关节撞击综合征	92
第二节 肩锁关节撞击综合征	95
第三节 肩关节盂唇损伤	98
第四节 股骨头髌臼撞击综合征	100
第五节 脊柱小关节紊乱	106
第六节 脊柱椎体撞击综合征	107
第七节 脊柱棘突间撞击综合征	112
第八节 踝关节撞击综合征	115
第九节 腕关节撞击综合征	118
<b>第五章 骨与关节炎性疾病</b>	<b>127</b>
第一节 骨髓炎	127
第二节 骨结核	132
第三节 布氏杆菌感染	140
第四节 其他无菌性炎症	142
<b>第六章 骨与软骨缺血性坏死</b>	<b>148</b>
第一节 股骨头缺血性坏死	148
第二节 腕舟骨缺血性坏死	160
第三节 月骨缺血性坏死	163
第四节 足副舟骨缺血性坏死	167
第五节 胫骨结节缺血性坏死	171
第六节 骨梗死	176
<b>第七章 退行性和创伤性关节炎</b>	<b>184</b>
第一节 退行性骨关节病	184
一、上肢带骨退行性改变	184
二、下肢带骨退行性改变	196
三、脊柱退行性改变	228
第二节 创伤性关节炎	236
<b>第八章 风湿类疾病</b>	<b>241</b>
第一节 类风湿关节炎	241
第二节 强直性脊柱炎	244
第三节 其他血清阴性脊柱关节病	250

第九章 代谢性骨病	255
第一节 肾性骨病	255
第二节 甲状旁腺功能亢进症骨病	266
第三节 痛风性关节炎	276
第四节 原发性骨质疏松	289
第十章 骨肿瘤与肿瘤样病	290
第一节 良性骨肿瘤	290
一、骨样骨瘤	290
二、软骨瘤	297
三、成软骨细胞瘤	301
四、血管瘤	307
五、骨软骨瘤	312
第二节 恶性骨肿瘤	319
一、原发性骨肿瘤	319
二、转移性骨肿瘤	362
第三节 肿瘤样病	391
一、骨囊肿	391
二、动脉瘤样骨囊肿	392
三、骨纤维异常增殖症	398
第十一章 软组织钙化与骨化	405
第十二章 人工植入体异常	417
第一节 假体松动	417
第二节 假体周围炎性改变	430
第三节 钢板、螺钉松动	443
第四节 钢板、螺钉周围炎性改变	452
第十三章 疗效评估判断	462

# 第一章

## 医学影像图像融合

### 第一节 医学影像学概述

医学影像学是以物理学手段检查人体组织器官的形态结构、生理与病理状态的图像,根据图像所显示的特点,对所患疾病进行诊断及研究的一门新兴医学科学。尤其 20 世纪 70 年代以后,随着电子计算机 X- 线断层扫描(computer tomography, CT)的问世,标志着医学影像学进入了一个崭新的时代,经过近 50 年的发展,医学影像学已经成为临床医学中发展最为迅速的学科,由传统的单一 X 线检查扩展为现在多种模式的医学影像学检查。据统计,在现代化的医院中,70%~85% 的治疗信息来源于医学影像图像和图形。医学影像学由一种临床辅助检查手段,已发展成为临床诊断疾病的主要技术,进行人类活体科学研究的重要手段,是医院现代化的主要标志。目前的医学影像学已基本形成独立的体系,这些图像从不同角度反映了人体脏器和病变组织的信息,按照各自的成像原理不同,可分为解剖影像学和功能影像学两大类。

#### 一、解剖影像学

解剖影像学,顾名思义,是以反映人体脏器正常和病变组织解剖形态结构的影像学,是一种投影影像,包括 X 线成像、超声成像(ultrasound, US)、CT、磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)等。上述影像虽均属解剖影像学,但成像原理又各不相同,在骨关节系统疾病诊疗方面的应用也是各有优缺点。由于笔者暂无相关 US 图像与其他影像图像融合的经验,因此在本书中也不做其相关介绍。

##### (一) X 线成像

目前临床工作中最常用的 X 线成像是数字化 X 线成像(digital radiography, DR),是 20 世纪 90 年代发展起来的 X 线摄影新技术,具有更快的成像速度、更便捷的操作、更高的成像分辨率等显著优点,已成为数字 X 线摄影技术的主导方向,并得到世界各国的临床机构和影像学专家认可。与传统 X 线照相相比,DR 大大提高了图像质量,减低了曝光剂量。如同其他数字化成像一样,DR 克服了获得照片后灰度和对比度固定而不可调节的缺点,可对影像进行多种后处理,通过灰阶处理和窗显示技术,改变影像的灰度和对比度,从而使组织结构及病灶得到最佳显示,以获取大量的诊断信息。同时 DR 成像是数字化成像,可进行计算机处理,从原理上为影像图像融合奠定了基础。

DR 是骨关节系统最常用的常规检查方法,常作为首选的影像检查手段,除骨盆、肋骨、肩、髋关节外,一般常规拍正侧位片。DR 简便易行、费用低廉,尤其适用于急诊;平片的另

一优点是空间分辨率高,其空间分辨率高于 CT 和 MRI,DR 不仅能观察骨质改变,也能显示一定的软组织改变。X 线成像的缺点是反映疾病的滞后性,有研究显示,只有骨量丢失 30%~50% 之后才能在 X 线平片上有所显示。其次,DR 成像是平面成像,对人体解剖结构重叠及病灶细节显示欠佳,如对脊柱、腕骨、跗骨等细微结构显示欠佳。

## (二) CT 成像

CT 是电子计算机和 X 线相结合,应用到医学领域的重大突破,它使传统的 X 线诊断技术进入了计算机处理、电视图像显示的新时代,包括扫描部分、计算机系统,图像显示与记录系统和中央控制台。CT 是用 X 线束对人体某部一定厚度的层面进行扫描,由探测器接收透过该层面的 X 线,转变为可见光后,由光电转换为电信号,再经模拟/数字转换器(analog/digital converter)转为数字,输入计算机处理。扫描所得信息经计算而获得每个体素的 X 线衰减系数或吸收系数,再排列成矩阵,即数字矩阵(digital matrix),数字矩阵可存贮于磁盘或光盘中。经数字/模拟转换器(digital/analog converter)把数字矩阵中的每个数字转为由黑到白不等灰度的小方块,即像素(pixel),并按矩阵排列,监视器上转为图像,即为该层的横断图像。图像可用多幅照相机摄于胶片上,供读片、存档和会诊用。

CT 检查广泛用于全身各部位检查,在骨关节系统中弥补了 DR 成像的影像重叠及组织结构分辨不清的缺点,将毗邻的不同器官及组织直接显示成清晰的图像,明显提高了病变的检出率和诊断的准确性。计算机断层扫描能在一个横断解剖平面上,准确地探测各种不同组织间密度的微小差别,是观察骨关节及软组织病变的一种较理想的检查方式。CT 优于传统 X 线检查之处在于其分辨率高,而且还能做轴位成像。由于 CT 的密度分辨率高,所以软组织、骨与关节都能显得很清楚。加上 CT 可以做轴位扫描,一些传统 X 线影像上分辨较困难的关节都能在图像上“原形毕露”。如由于骶髂关节的关节面生来就倾斜和弯曲,同时还有其他组织之重叠,尽管大多数病例的骶髂关节用 X 线片已可能达到要求,但有时 X 线检查发现骶髂关节炎比较困难,则对有问题的病人就可做 CT 检查。尤其是多层螺旋 CT(multi-slice CT, MSCT)的问世,更是将医学影像学推到了一个新的高度,通过调节层面厚度,最薄可达 0.5mm 层厚。MSCT 获得的大容量信息能用于各种图像重建和后处理,大大提高了时间和空间分辨率。MSCT 三维容积成像技术逼真地再现骨骼系统及其与周围结构的立体、全面且直观地显示骨骼系统的解剖关系。CT 检查用于骨关节系统有以下几方面优势:①有较好的密度分辨率,能很好地显示各种组织的层次结构,把 DR 中无结构的软组织影像分辨出皮肤、皮下脂肪、肌肉及血管神经鞘等;在骨结构中尚可区分出皮质骨、松质骨及骨髓,能发现细微的溶骨性或成骨性骨质破坏。②CT 图像属于断层图像,可把 DR 中前、后重叠影像呈断面图像展开,明确病灶位于骨内或骨外,准确定位病灶及病灶范围。③强大的后处理功能,目前 MSCT 的重建技术主要有:多平面重建(multiplanar reconstruction, MRP)、表面遮盖显示(shaded surface display, SSD)和容积显示(volume rendering, VR)技术。

MRP 重建技术是在横断面图像上按要求任意画线,然后沿该线将横断面上的二维体积元重组,即可获得该平面的二维重建图像,包括冠状面、矢状面、任意斜面和任意曲面的图像重建,能够全面准确地认识病变,是骨关节系统疾病图像重建中常用的方法之一,也是首选方法。VR 是将每个层面容积资料中的所有体积元加以利用,因此,VR 获得的是真实的三维显示图像。MSCT 强大的计算机后处理功能及多种图像的重建为医学影像图像融合奠



定了基础。

MSCT 的成像原理同 DR 一样,均是利用 X 线成像,决定了反映疾病的滞后性,只有当组织器官发生器质性改变后,才能在 CT 图像中显示出来。

### (三) MRI 成像

MRI 图像如同 CT 图像,是数字化图像,是重建的灰阶图像,能够进行各种图像后处理技术,与 CT 图像不同之处是 MRI 图像上的灰度代表的是不同信号强度,而不是组织和病变的密度。MRI 成像对骨关节系统的检查是除 DR 常规检查之外最佳检查方法。可对全身各部位进行检查,并可进行多方位、多序列成像。MRI 成像软组织分辨率明显高于 CT 成像,对病变范围显示更清楚,解剖关系更明确,可为手术治疗提供更准确的信息。在脊柱方面,不需要造影剂就能清晰区分脊髓、硬膜囊和硬膜外脂肪。对肿瘤、脊髓空洞症、脱髓鞘病变等均有较高诊断价值,显示骨折或脱位不如常规 X 线和 CT,但能观察脊髓损伤情况。显示椎间盘较好,可以分辨纤维环和髓核,特别是矢状面图像可以同时显示多个椎间盘突出。对软组织及肌肉病变包括肿瘤及炎症都能清晰显示,特别是对早期急性骨髓炎,是一种灵敏度很高的检查方法。也是检查膝关节半月板病变的首选方法。MRI 成像的缺点是对骨皮质、钙化显示不敏感,同时对体内携带顺磁性金属物质禁忌检查。

## 二、功能影像学

目前临床常用的功能影像学主要有核医学显像和红外热成像两种技术。核医学显像显示的是放射性核素标记的放射性药物在体内的分布图。放射性药物依据自己的代谢和生物特征,特异地分布于体内特定的器官或病变组织,标记在放射性药物分子上的放射性核素由于放出放射线能在体外被探测,因而核医学显像是显示器官及病变组织解剖结构和代谢、功能相结合的显像,但主要以显示功能为主。核医学仪器主要有单光子发射型计算机断层显像(single photon emission computed tomography, SPECT)和正电子发射型计算机断层显像(positron emission computed tomography, PET)两种,都能得到器官的断层影像。PET/CT 是目前临床应用较多,也是临床大夫较熟悉的图像融合显像。PET/CT 是将 PET 和 CT 有机结合在一起,使用同一个检查床和同一个图像处理工作站,将 PET 图像和 CT 图像融合,可以同时反映病灶的病理生理变化和形态结构,明显提高诊断的准确性。PET/CT 显像主要用于肿瘤、神经和心血管系统等疾病的诊断。PET/CT 的缺点是成像价格较昂贵,经过近 20 年的发展,已在全国省会级医院普及,但在乡镇医院普及存在困难。此外, PET/CT 最常用的显像剂是葡萄糖,在骨关节系统应用较少。本书中影像图像融合中核医学仪器均是 SPECT,其成像原理及在骨关节系统的应用在本书中不再介绍,重点介绍 SPECT/CT 的原理及图像融合应用。

SPECT 的基本成像原理是:首先将携带适当半衰期的放射性同位素药物注入病人体内,在药物到达所需要组织或病变断层位置后,由于放射性衰变,将从断层处发出  $\gamma$  光子,被位于体外的  $\gamma$  照相机探头所接收,通过闪烁体将探测到的高能  $\gamma$  射线转化为能量较低但数量很大的光信号,通过光电倍增管将光信号转化为电信号并进行放大,得到的测量值代表人体在该投影线上的放射性之和。在同一条直线上的灵敏点可探测人体一个断层上的放射性药物,它们的输出称为该断层的一维投影。SPECT 仪器是二维探测器,安装了平行孔准直器后,可以同时获取多个断层的平行束投影,这就是平片。平片表现不出投影线上各

点的前后关系。要想知道人体在纵深方向上的结构,就需要从不同角度进行观测。利用计算机技术,知道了某个断层在所有观测角的一维投影,就能计算出该断层的图像。从投影求解断层图像的过程称为重建,因此 SPECT 图像既可以获得平面图像也可以获得断层图像,具有强大的图像后处理功能。

目前 SPECT 显像最常用的放射性同位素是  $^{99m}\text{Tc}$ ,具有下述优点:具有合适的半衰期,6.03 小时;衰变方式是发射单纯的  $\gamma$  射线,无  $\beta$  射线;光子能量是 140 千电子伏特(86%),适宜 SPECT 采集;可以与  $^{99m}\text{Tc}$  整合而制成放射性药物的多配体的研制成功以及亚锡离子还原剂方法的建立。

## 第二节 医学影像图像融合技术

前述第一节简单介绍了各种影像学成像原理及在骨关节系统疾病的应用,其各有优缺点。解剖结构影像学 DR、CT、MRI,这三种影像学诊断方法主要是根据人体组织的密度或其他物理特性的差异成像,反映人体组织器官的结构,具有较高的空间、密度分辨率,可显示病变细节,缺点是反映疾病的滞后性。SPECT 成像主要反映人体代谢、功能变化。疾病的发生均是先有生化生理改变,才发展到形态结构的改变。从疾病的发生、发展过程变化,我们可以看到只有当疾病发展到晚期时,才能在解剖结构影像学上有所显示,因此解剖影像学存在反映疾病滞后的局限性。SPECT 成像是功能显像,可早期、灵敏显示疾病的发生,诊断疾病具有较高的灵敏度,但其成像原理决定了空间定位能力较差的缺点,以及诊断疾病的特异度较差。

医学影像学研究在 20 世纪取得了突破性的进展,使以往很多不能客观准确诊断的骨与关节系统疾病得到了明确诊断,但随着医学的进一步发展,在临床实践中我们发现,各种影像学在单独应用时均存在一定的缺陷,不能很好地全面阐述疾病的发生、发展,尤其对骨与关节系统疾病的早期功能诊断,如对骨骺发育、骨折金属固定术后愈合判断、假体松动、良性骨肿瘤等骨与关节系统疾病的准确诊断和“个体”诊断均存在一定的局限性,缺乏一种有效、客观的医学影像学手段。随着现代化的高速发展,车祸、建筑事故等高能所致骨折的发生率与日俱增;以及随着经济的飞速发展和政府对医疗事业的投入,国人的就医意识在逐年增强,如异常发育骨骼的矫形、金属关节假体置换等的需求也在与日俱增;此外,对骨与关节系统疾病的“个体化”辨证治疗也是未来医学的发展模式之一。因此对骨与关节系统疾病的灵敏、准确的“个体化”诊断就显得尤为重要。各种影像学所提供的信息常常具有互补性,如将各种有效信息进行整合,能为临床提供更有价值的影像信息。这个有效信息整合的过程就是图像融合。

### 一、医学影像信息系统

提到医学影像学的图像融合,必涉及医学影像信息系统,正是有了医学影像信息系统的诞生,才为图像融合创造了先天条件。医学影像信息系统简称 PACS (picture archiving and communication systems),与临床信息系统 (clinical information system, CIS)、放射学信息系统 (radiology information system, RIS)、医院信息系统 (hospital information system, HIS)、实验室信息系统 (laboratory information system, LIS) 同属医院信息系统。医学影像信息系

统狭义上是指基于医学影像存储与通信系统,从技术上解决图像处理技术的管理系统;临床信息系统是指支持医院医护人员的临床活动,收集和处理病人的临床医疗信息的信息管理系统;放射学信息系统是指以放射科的登记、分诊、影像诊断报告以及放射科的各项信息查询、统计等基于流程管理的信息系统;医院信息系统是指覆盖医院所有业务和业务全过程的信息管理系统;实验室信息系统是一类用来处理实验室过程信息的信息系统。医学影像信息系统和图像融合息息相关,因此,在此着重介绍医学影像信息系统。

随着现代医学的发展,医疗机构的诊疗工作越来越多依赖医学影像的检查。传统的医学影像管理方法(胶片、图片、资料)对此大量日积月累、年复一年存储保管,堆积如山,给查找和查阅带来诸多困难,丢失影片和资料时有发生,已无法适应现代医院中对如此大量和大范围医学影像的管理要求,采用数字化影像管理方法来解决这些问题已经得到公认。随着计算机和通讯技术发展,为数字化影像和传输奠定基础。目前国内众多医院已完成医院信息化管理,其影像设备逐渐更新为数字化,已具备了联网和实施影像信息系统的基本条件,实现彻底无胶片放射科和数字化医院,已经成为现代化医疗不可阻挡的潮流。在现代医疗行业,医学影像信息系统是指包括了 RIS,以 DICOM3.0 国际标准设计,以高性能服务器、网络及存储设备构成硬件支持平台,以大型关系型数据库作为数据和图像的存储管理工具,以医疗影像的采集、传输、存储和诊断为核心,是集影像采集传输与存储管理、影像诊断查询与报告管理、综合信息管理等综合应用于一体的综合应用系统,主要的任务就是把医院影像科日常产生的各种医学影像(包括 DR、CT、MRI、US、ECT)通过 DICOM3.0 国际标准接口(中国市场大多为 DICOM,网络等接口)以数字化的方式海量保存起来,当需要的时候在一定的授权下能够很快调回使用,同时增加一些辅助诊断管理功能。

医学影像信息系统的前身是医学影像存档与通信系统,最先推动 PACS 发展的动力来自于传统的相机厂家。PACS 所包含的内容和能力已超越这一名词原来的含义,现在我们所提到的 PACS 普遍是指包含了放射科信息系统和医学影像存档与通信系统的医学影像信息系统。

## 二、同机医学影像图像融合

### (一) SPECT/CT 图像采集

目前医学影像图像融合的同机图像融合主要是指 SPECT/CT 图像融合。目前市场上各大仪器公司,如西门子、飞利浦、GE 公司都生产同机 SPECT/CT 仪器。SPECT/CT 是可变角全数字化双探头 SPECT 和 CT 系统,其中 CT 部分又名鹰眼,CT 也从以前的定位 CT 发展到现在的诊断级 MSCT,从 4 层发展到现在的 16 层,CT 也不是以前的仅仅定位作用,实现了诊断价值,可进行多种图像后处理,和专用 CT 的诊断效能一样。它将 X 线探测器和 CT 球管安装在双探头能够进行符合探测功能的 SPECT、并且具有滑环技术的旋转机架上,可进行连续的 SPECT 和 CT 扫描。此 CT 有 2 个功能:用透射扫描的组织密度图对超高能光子进行衰减校正,改善图像质量;CT 的解剖图像和 SPECT 的图像进行同机融合,提高诊断疾病的能力,可以从功能水平和结构水平分析疾病,显著提高诊断疾病效能,价值远大于 1+1 之和。该机采集程序包括相互关联的两部分,SPECT 数据采集程序和 CT 数据采集程序,如果先采集核医学图像,根据静态的核医学图像确定 CT 采集范围;如果先采集 CT 图像,程序快速采集 X 线平片图像,用于确定 CT 采集范围。

## （二）SPECT/CT 图像融合

医学影像学图像融合技术,其中图像配准是医学图像融合中的关键问题。医学图像配准包括图像的定位和转换,即通过寻找一种空间变换使两幅图像对应点达到空间位置上的配准,配准的结果应使两幅图像上所有关键的解剖点或感兴趣的关键点达到匹配。配准的好坏将直接影响到图像融合的质量。目前的 SPECT/CT 图像融合均采用机器自带软件进行图像融合,SPECT/CT 将功能性成像系统与解剖性成像系统设计在同一套系统上,患者可同时进行 SPECT 和 CT 检查,从根本上解决了异机图像融合中对位技术的准确性问题,解剖配准较精确。

图像融合的研究范围包括图像对位、融合图像的显示和分析,利用从对应解剖结构图像获取的先验信息对发射型数据做有效的衰减校正、数据重建等。其步骤大致分为:特征提取,设计误差评估方法,对图像数据进行处理使误差最小,将变换后的图像数据进行对位和综合显示,分析综合数据,其中对位技术是图像融合的关键和难点。在 CT 与 ECT 图像融合的领域内,它具有了所有异机图像融合的优势,而且实现过程更为简单。该机的图像融合软件以便医师能同时观察发射断层图像、透射断层图像和融合图像三种图像形式,使功能图像和解剖图像能够相互进行信息的提示。本书中涉及的 SPECT/CT 图像均是同机图像融合。

## 三、异机医学影像图像融合

异机图像融合是相对同机融合而言的,是指将来源于不同成像设备的图像进行融合。需要采用非常复杂的计算机软件处理来达到不同种类图像位置一致,然后进行图像融合,通常采用图像重叠的方法进行图像融合。目前医学影像异机图像融合主要是指 SPECT/DR 和 SPECT/CT/MRI 图像融合。

同机图像融合已经成为图像融合技术的标准,也是现在临床中较常见的,但系统成本较高,目前只在大型三甲医院开展,并不是所有的医院均能够具备同机图像融合的设备。而异机图像融合系统则不同,只要有医学影像信息系统的单位均可以开展,特别是 PACS 系统的普及。医学影像图像融合是随着计算机软件技术和 PACS 系统的发展而发展,PACS 系统使不同来源的影像资料可以很方便地进行分类储存管理和调用。在此基础上,开发了多种融合软件,以便将来自不同设备的图像进行融合。这些正在逐步发展的软件融合技术更直观,可以重复,因此更具说服力,但也往往比较复杂,同时存在一个解剖配准的问题。而且,由于不同检查病人的姿势和状态不同,简单地把图像看做刚性固体的融合方法可能会导致严重的错配现象,需要采用更为复杂的非刚体、非线性的融合方法以提高对位的准确性。骨关节系统的解剖标志为异机图像融合的精确定准提供了先决条件,本书中涉及的 SPECT/DR、SPECT/MR 图像均是异机图像融合。

## 第三节 医学影像图像融合应用

### 一、多模式影像学在骨关节系统的应用

骨关节系统的常规 X 射线平片检查是首选的检查方法,是其他任何检查方法都不可替代的技术,也是其他检查方法的基础,尤其是 DR 平片的出现。X 线平片检查也是历史最悠

久的检查方法,有将近 100 多年的历史,在骨关节系统的应用总结出了丰富的宝贵经验。

CT 检查是在平片基础上根据临床的需要所做的进一步检查。如需观察细微解剖、骨折、骨内病变以及软组织病变,CT 轴位断层扫描成像图像清晰,没有影像重叠。对细微骨质破坏,尤其是骨皮质和钙化显示为优。

MRI 图像具有较高的软组织分辨率,可对全身各部位进行检查,并可多方位、多序列成像,对病变范围显示更清楚,缺点是骨皮质、钙化显示不敏感。

放射性核素骨显像一直是诊断骨与关节系统疾病的优势项目之一,目前大多数核医学部门骨显像也是最常用的显像方法一。骨显像是将趋骨性的放射性核素的标记物引入体内,通过显像仪器从体外摄取,获得骨骼形态、血供和代谢状态,以及病变范围与部位的情况。由于血流、代谢和功能改变时疾病的早期表现,出现在形态结构发生改变之前,因而骨显像在探测骨骼病理改变的灵敏度非常高,在诊断各种骨疾患上较之 X 线检查敏感,被广泛用于骨的良恶性疾病和非肿瘤性骨疾患的早期诊断和疗效观察。放射性核素骨显像有骨静态显像、全身骨显像、骨断层显像三种,图像融合主要涉及骨断层显像。

## 二、影像图像融合技术在骨关节系统的应用

放射性核素骨显像最常用的骨显像剂  $^{99m}\text{Tc-MDP}$  (亚甲基二磷酸盐),其进入骨组织可能是通过与骨组织中的无机盐成分进行离子交换或化学吸附。显像剂在骨骼系统中的聚集主要取决于两个方面:一是骨质代谢活跃程度,骨的代谢活跃的部位,显像剂浓聚;二是局部血流状况,当血流量增加 3~4 倍时,显像剂聚集量可增加 30%~40%,充血区域可分配更多的放射性药物。

$^{99m}\text{Tc-MDP}$  在体内极为稳定,血液清除率快,骨摄取迅速,静脉注射后 2~3 小时 50%~60% 的放射性药物沉积在骨骼内,其余的经肾脏排出,靶和非靶组织比值较高,是比较理想的骨显像剂。MDP 主要沉积在骨骼,在其他器官不显影。

骨显像的影响因素有饮水状态、肾功能、显像剂的质量、散射物质、全身治疗及伪影等。

脱水可导致肾清除率降低,组织本底增高及病变/本底比值降低,因此在注射显像后需鼓励患者多饮水和检查前排尿,以降低血液组织本底计数,但注意排尿时勿污染衣裤。肾功能降低同样可导致肾清除率降低,软组织本底增高,病变/本底比值降低,使显像的质量变差。作为骨显像的显像剂,其标记率应在 95% 以上,否则骨骼影像不清楚,影响结果判断。腹水、肥胖和乳房肥大等情况存在时,均可使靶组织与探头距离增加,降低骨显像的质量。化学药物治疗和皮质激素治疗可使显像剂的生物学分布发生改变,骨骼摄取量降低,肾脏摄取增加。注射时渗漏或尿液污染造成的伪影均可影响显像质量。

目前关于图像融合在骨与关节系统疾病的研究,国内外主要集中于隐性骨折、恶性骨肿瘤、急性骨髓炎、股骨头缺血坏死等方面的研究;而对骨与关节发育、髌臼唇损伤、骨折愈合、良性骨肿瘤、髋关节假体松动、风湿类关节疾病、骨与关节退行性改变、骨关节无菌性炎症、全身代谢性骨病等骨与关节系统疾病方面的应用则未见相关报道。SPECT/CT 在多家单位都装有该设备,而其应用则均较局限。此外,目前国内外的图像融合技术主要采用的是 SPECT/CT,而对 SPECT/DR、SPECT/MRI 的研究则尚无相关报道。同时以往关于股骨头缺血坏死的研究,也都是仅仅依据显像剂浓聚与否作为判断坏死与否的诊断研究,而其他部位的坏死以及坏死机制的进一步研究则无相关报道;肿瘤方面的研究也仅限于恶性

肿瘤骨转移的诊断与鉴别诊断,而对良性骨肿瘤的诊断与鉴别诊断很少涉及。

20 世纪就有人提出功能融合图像和分子影像学是 21 世纪医学影像的发展模式,医学影像图像融合可用于几乎所有骨与关节系统疾病,从骨骺发育、髌臼唇损伤、骨折与隐性骨折、骨折愈合、骨关节感染、骨缺血坏死、良恶性骨肿瘤、髋关节假体松动、风湿类关节疾病、骨与关节退行性改变、骨关节无菌性炎症、全身代谢性骨病等骨关节系统的任何疾病,所提供的影像学信息不是简单的一加一,可望为骨与关节系统疾病早期、准确、灵敏诊断提供一种新的多模式分子成像技术。本书首次从多模式的分子影像学水平全面探讨骨与关节系统疾病的发生、发展演变规律,具有广阔的应用和发展空间,同时也望起到抛砖引玉的作用。

## 第二章

# 骨与关节发育

骨与关节发育包括骨与关节发育畸形、骨与关节发育障碍及染色体异常等一大类疾病，种类繁多、影像表现多样。目前国内外放射性核素骨显像在骨与关节发育方面的应用较少，影像学诊断主要是X线DR平片、CT及MRI断层检查。关于影像图像融合技术对骨与关节发育性疾病的诊断及病情评估笔者做了初步探索，现总结如下。

### 第一节 骨与关节发育性畸形

骨与关节发育性畸形分为先天性和后天性两大类，前者是指胚胎发育障碍所形成的骨与关节结构和形态异常；后天性发育畸形多是外伤后，造成骨与关节失去原有的正常形态与结构，骨关节失去原有的力学结构，造成患者骨关节畸形、早期骨性关节炎或功能障碍的发生。

骨关节先天畸形主要包括下述几项：未形成或形成不全、过形成、错分节、分节不全并骨性联合、过分节、不规则分节、假关节、及骨骺异常弯曲或变形。临床中最常用的影像学检查技术主要是X线平片，主要表现为形态、位置、大小和数目的改变，但X线平片检查对患者骨关节早期功能改变及力学变化的显示不足，功能图像和解剖图像融合技术则可弥补此不足，从力学、功能学改变方面反映疾病的发生、发展并为临床治疗提供个体化指导依据。

#### 一、椎弓崩裂

椎弓崩裂也称为椎弓峡部裂隙，由于椎弓崩裂引起椎体前移位者称为脊椎滑脱。椎脊滑脱分为真性和假性滑脱两种，前者指椎弓峡部有骨质缺损断裂，后者是指椎弓完整无断裂。假性脊椎滑脱也称为关节性脊椎滑脱、退行性脊椎滑脱症等，假性脊椎滑脱症之发病与后天因素有关，指不伴有峡部裂的脊椎滑脱，是由于椎体、椎旁韧带和(或)肌肉等组织生理功能失调，在正常负荷下椎体不能保持相互之间的正常位置关系而发生的病理改变。关于影像图像融合技术对假性脊椎滑脱方面的应用笔者尚无相关经验，本书中主要介绍真性脊椎滑脱。脊椎峡部裂是引起慢性腰腿痛的常见疾病，本病好发于腰骶部，尤以第5腰椎居多，约占85%。双侧峡部裂又称椎弓崩裂，病情进一步发展可使相邻上下椎体间产生慢性移动，导致椎体滑脱。本病常见于青少年，青少年由于骨质比较娇嫩，骨组织中的钙含量相对不足，而磷及其他有机物含量较高，这就使得骨质比较软，韧性比较强，加上脊椎间的软骨、椎间盘也未完全发育成熟，力的负荷相对较成人弱，因此成为本病的高发人群。

传统 X 线平片是诊断峡部裂性腰椎滑脱的最基本方法,其侧位片能清楚地显示腰椎滑脱的部位及程度,而双斜位 45° 片能显示峡部裂的直接征象——猎狗项圈征。但当椎弓峡部裂未合并椎体滑脱或当脊柱有侧弯时,病变常较难显示,且双位斜片受技师的投照技术及医师阅片水平的影响较大,容易漏诊。CT 图像不存在图像重叠,且分辨率高,与传统 X 线片相比,可以清楚地显示一些征象,能更加明确地发现峡部裂隙,在诊断峡部裂性腰椎滑脱上应优于 X 线片。且常规横断面 CT 扫描范围加大,能包括椎弓根及椎弓峡部,与常规椎间盘扫描方式相比能显示更多征象,一定程度上减少了峡部裂的漏诊,其诊断价值应优于常规椎间盘扫描方式。MSCT 的 MPR 技术对峡部裂性腰椎滑脱诊断价值更加成熟,应用日益广泛。在一次扫描后,通过重建获得与直接扫描图像相同质量的图像,能够根据需要对任一兴趣区进行任意角度和任意平面或曲面的重建,获得包括所有腰椎间盘、椎体、椎弓及峡部在内的横断面图像,斜横断面(椎弓反角度)图像、斜矢状面图像和矢状位图像等各组图像,使峡部裂的检出率达到 100%,可作为椎弓峡部裂诊断的金标准。

从上述叙述可知道,X 线平片双斜位和 CT 断层,尤其是 MSCT 的图像重建可准确、灵敏地显示峡部骨质不连。但临床中经常遇到的困惑是患者的峡部裂是稳定性还是非稳定性,即该峡部骨质不连处是否通过纤维或软骨相连接,或以前相连现在变成不相连,尤其是对椎体无滑脱患者,对稳定性峡部裂和不稳定性峡部裂临床的治疗方案截然不同,这是单纯依靠解剖影像学无法回答的问题。

### 案例一

#### 【案例摘要】

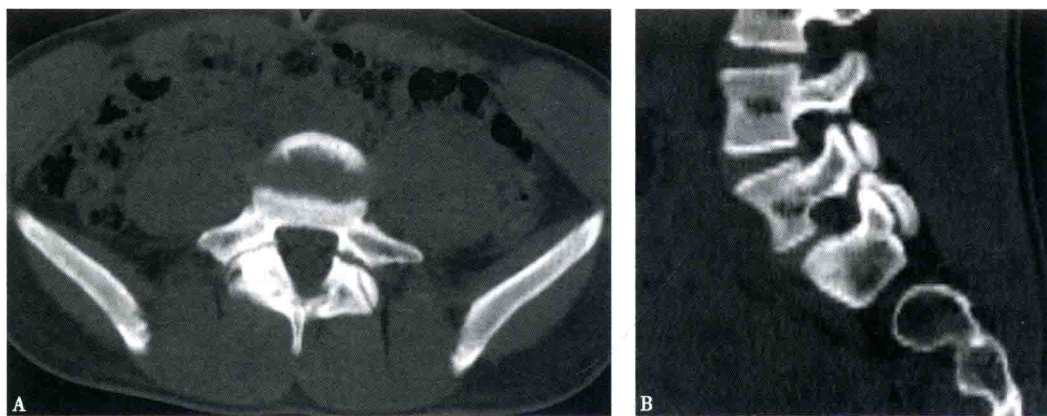
患者,男,16岁,足球运动员,2011年踢球时扭伤腰部疼痛不适1个月。

#### 【诊断难点】

明确峡部裂是稳定性还是非稳定性,为临床治疗方案的选择提供参考依据。

#### 【影像学图片】

影像学图片见图 2-1-1A~H。



A. 腰椎横轴位 CT

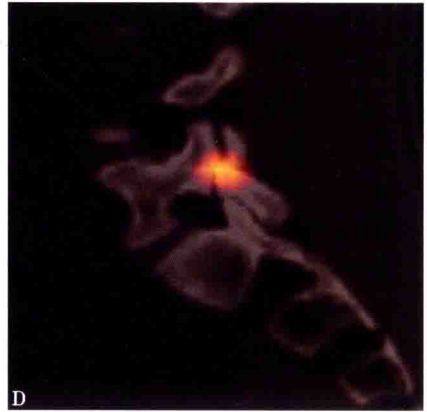
B. 腰椎矢状位 CT

图 2-1-1 椎弓峡部裂



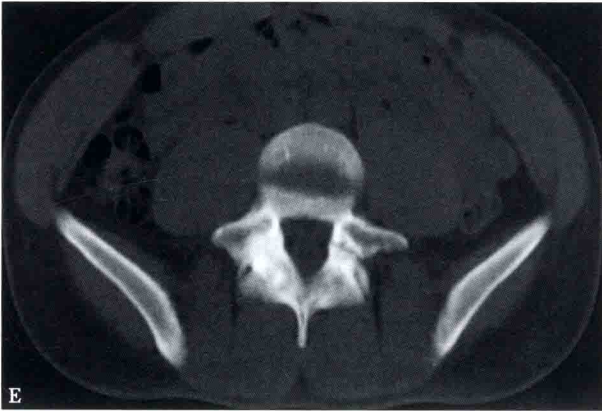


C. 腰椎横轴位 SPECT/CT



D. 腰椎矢状位 SPECT/CT

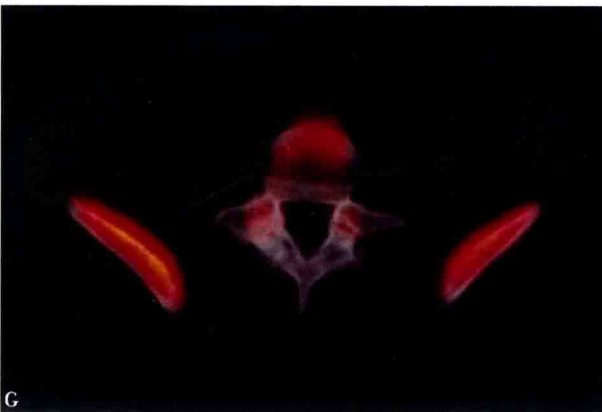
2011年12月CT显示双侧椎弓峡部骨质不连,椎体未见明显滑脱;SPECT/CT融合图像显示L5右侧椎弓峡部骨质不连处见团状显像剂异常浓聚,左侧椎弓峡部骨质不连处未见明显显像剂异常浓聚



E. 腰椎横轴位 CT



F. 腰椎矢状位 CT



G. 腰椎横轴位 SPECT/CT



H. 腰椎矢状位 SPECT/CT

2014年2月CT显示腰椎序列规整,原L5右侧峡部裂可见骨小梁通过,左侧仍可见峡部骨质不连;SPECT/CT融合显像显示L5右侧原峡部裂骨质处见片状轻度异常显像剂浓聚,较治疗前明显减低

图 2-1-1 椎弓峡部裂(续)